

超声导波在天然气管道检测中的运用

罗文强 (甘肃省特种设备检验检测研究院, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 针对目前天然气管道检测方法效率低、检测不全面的问题, 文章从实践角度出发, 分析超声导波在天然气管道检测中的运用优势, 提出优化控制的方法策略。结果表明, 在明确超声导波工作原理与导波模式分析方法的情况下, 能使其作用效果充分发挥出来。

关键词: 超声导波; 天然气管道; 工作原理; 导波模式

0 引言

科技水平的不断提升, 使得现代化建设对天然气资源需求越来越大。在天然气管道的服役过程中, 管道的腐蚀、制造缺陷以及疲劳破坏等问题, 严重影响天然气管道的安全稳定性。为此, 相关技术人员应将现有科学技术充分利用起来。在明确超声导波检测技术工作原理与分析控制方法的情况下, 对天然气管道进行科学、有效的检测, 这是服务于现代化经济建设全面发展、保障天然气管道安全服役的重要课题。

1 研究天然气管道检测技术运用的现实意义

当前阶段, 随着西气东输等大型天然气管道工程的投产运营, 使我国天然气行业迈进高速发展阶段。然而, 长期运行的天然气管道不可避免会因疲劳破坏、腐蚀、第三方破坏以及管道内部缺陷等问题, 造成管道泄漏事故频发。这种情况, 不仅会给相关运营企业带来极大的经济损失, 还会威胁到社会稳定。为此, 天然气管道运营企业均在天然气管道检测技术上增加了投入。在以往, 多采用超声波、射线成像以及磁漏等逐点检测技术, 只能作用于传感器接触的管道部位, 存在检测效率低、检测不全面的问题。如, 无法有效检测水下穿越管道、架空管道以及套管内的管道等。超声导波检测技术的研发运用, 解决了间接检测法的局限, 在很大程度上提升了天然气管道检测效率。但在实际运用过程, 相关技术人员并未充分认识到该技术的运用优势、工作原理和操作技术的作用效果。为改善此现状, 文章对超声导波技术的运用实践进行了阐述, 目的是为行业健康稳定发展提供一些理论依据^[1]。

2 天然气管道检测中超声导波的运用优势

作为能够实现长距离快速筛选的检测技术, 超声导波, 是通过将超声波入射管壁来实现传播的。对超声导波在天然气管道检测中的实际运用情况进行分析, 发现该技术具有效率高、速度快、覆盖范围广等优势。此外, 超声导波技术除了为大型天然气管道提供大范围检测与快速检测服务, 还能实现水下穿越天然气管道检测。可操作性良好, 被越来越多地运用到天然气管道的性能评价与长距离快速检测工作环境。

与传统天然气管道超声波检测技术比较, 超声导波检测技术的运用优势还体现在以下两个方面:

①超声导波会沿着传播路径逐渐衰减, 且能够沿管道传播 50m。此过程的回波信号, 包括天然气管道的整体信息。由此可见, 超声导波检测技术不是作用于一点, 而是一条线;

②当超声导波作用于天然气管道, 其内外表面与管壁

会发生质点振动, 声场会作用于整个管道壁厚。这就表明, 超声导波技术能对天然气管道的整个壁厚进行检测。除了能够检测出管道内部缺陷, 还能对管道表面的缺陷进行检测^[2]。

3 关于超声导波在天然气管道检测中的优化运用

3.1 明确超声导波工作原理

超声导波, 作为超声速机械波, 能够在有边界介质中沿着平行于它的边界线, 呈轴向传播。具体检测过程, 可从任意天然气管道截面位置开始检测。对于埋地天然气管道的检测, 超声导波检测人员无需与天然气管道直接接触, 只需开挖一处合适位置就可完成天然气管道目标段的检测。当检测管道对象为穿越铁路或是公路的情况, 超声导波检测可从任意一侧开展检测工作, 能够大幅降低天然气管道的维护成本。

工作原理为: 运用探头压电陶瓷材料与管壁结合紧密条件, 对低频超声波脉冲信号进行激发。此过程, 脉冲信号将作用于整个天然气管道的管壁厚度与圆周方向, 经管道轴向实现远处传播目标。传播过程, 如遇缺陷发生透射与反射现象, 并产生携带天然气管道缺陷信息的反射回波。探头传感器就会接收反射回波。而后, 再利用软件对接收到的信号进行分析、对比处理, 以完成天然气管道内外壁位置是否存在裂纹或是腐蚀问题的检测。对于长距离天然气管道的超声导波检测技术, 无需对管道防腐层进行剥离处理, 就可检测出管道内外壁的环向裂纹、纵向裂纹以及腐蚀程度等问题。穿越、架空以及跨越天然气管道的检测, 同样, 能够从较远位置对检测设备无法触及的区域进行检测, 以判断管道运行的腐蚀状态, 并实施监测^[3]。

3.2 优化导波模式技术运用

由于超声导波具有多模态与频散的特征特性, 因此, 会对接收信号处理工作开展带来影响。为提高探头传感器接收信号处理的可靠性, 应尽可能采用激励单一、非频散的超声导波模式。此情况, 对导波模式与激励频率控制提出了新的要求。对于运行的超声导波模式, 主要分三类, 即纵向模式、扭转模式与弯曲模式。其中, 纵向模式波 $L(0, 2)$, 仅在 20-100kHz 特定频率带宽范围内处于无频散状态。作为传播速度最快的模式, 比其他波更为迅速接收的达到接收装置。从区分角度来看, 时域上容易区分, 且能量损失较少、传播距离较长, 是天然气管道检测的理想模式。扭转模式波 $T(0, 1)$, 其在所有频率范围均具备非频散特性, 且不受壁厚与管径变化的影响。但振动方向主要作用于横向, 在管道的纵向与斜向缺陷检测方面仅呈现敏感。因而, 可以判断作用于长距离天然气管道检测,

才能发挥出超声导波技术的作用效果^[4]。

当导波模态作用于弯头、焊缝、法兰、支座、三通管段的特征和裂纹、腐蚀等缺陷的灵敏度表现不同,单一模态导波无法达到预期的检测效果。为此,Teletest Focus⁺系统结合 L(0,2)与 T(0,1)模态波进行管道的聚焦扫描检测,在提升天然气管道缺陷检出率的同时,还降低了伪缺陷误判率。

经对实际应用超声导波检测技术结果的分析,与已知管道特征相比,T模态波 27kHz 下的扫描数据对管道特征识别度较高,如图 1 所示。

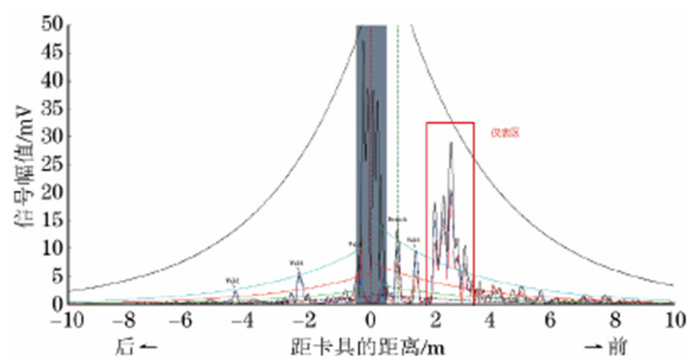


图 1 超声波检测数据分析

图中所示检测管段未发现腐蚀缺陷问题,开挖检测也未发现缺陷。这表明,超声导波检测结果与开挖检测结果一致。验证了此检测技术能够在天然气埋地管道检测中发

挥出预期作用。

但在利用不同纵波传感器检测间距过程中,Teletest Focus⁺系统应 genuine 管道壁厚与管径,并以自动选择状态对频率进行扫描,以提高数据检测的准确性。此过程,应遵循导波输出量高院长,在降低模态数据分析难度的同时,还为减少分析误判提供了重要依据^[5]。

4 结束语

综上所述,超声导波在天然气管道检测工作中的合理运用,需从作用原理与模态分析入手,来使实际检测操作起到事半功倍的作用。

参考文献:

- [1] 陈仕琳,杨庆喜,汪亮,宋云涛.小径管超声导波检测有效检测距离研究[J].真空科学与技术学报,2020,40(12):1191-1196.
- [2] 李志农,淦文建,龙盛蓉,黄永跃.磁致伸缩超声导波检测的研究进展[J].南昌航空大学学报(自然科学版),2020,34(03):18-24-33.
- [3] 张亚西,桂宗涛.基于超声导波技术在站场管道检测中的应用[J].信息记录材料,2020,21(02):112-113.
- [4] 费凡,王彦军,邱鑫,孙仕彬.输气站场工艺管道超声导波信号对比研究[J].浙江化工,2020,51(01):46-49.
- [5] 李强林,周丹,耿国军.输气场站埋地管道检测与维修分析[J].石油工程建设,2019,45(01):84-87.

(上接第 122 页)时,此时裂缝起裂的宽度为 0.115,降低了 13.04%,当水平应力差增大至 5MPa 时,此时的裂缝宽度最小为 0.11mm,降低了 4.54%。从以上分析可以得出,应力差增大,此时起裂的裂缝宽度呈现减小的趋势,这是由裂缝宽度与起裂压力有着直接关系,起裂压力越大,岩石内部压力能量的聚集越明显,起裂瞬间释放的能量越多,此时裂缝的宽度也就越大。

当水平应力差为 2MPa 时,此时裂缝内部液体的流速为 0.075m/s,当水平应力差增大至 3MPa 时,裂缝内部液体的流速增大为 0.068m/s,对比应力差 2MPa 时液体流速下降幅度为 10.29%,应力差提升至 4MPa 时,液体流速为 0.064m/s,较 3MPa 降低了 6.25%,应力差增大至 5MPa 时,液体流速最小为 0.059m/s。从以上分析可以得出,应力差越大,此时岩石内部流体的流动速度与裂缝宽度对的增加趋势类似,同样是由于应力差的增大,使得岩石的起裂压力减小,造成岩石内部的压力能量减小,此时岩石起裂瞬间,应力能释放的少,使得裂缝内部的流速呈现减小的趋势。

同样的对不同应力差下岩石偏转角进行分析,应力差为 2MPa 时此时的岩石偏转角最小仅为 5.2°;应力差增大到 3MPa 时,偏转角增大到 10.5°,应力差继续增大至 4MPa,偏转角也增大至 16.2°,应力差 5MPa 时,偏转角为四种应力差下的最大值 22.8°。同样的可以得出偏转角

与应力差的变化有着直接关系,当应力差增大,岩石起裂瞬间最大主应力对岩石起裂的影响效果增大,岩石起裂会沿着容易发生起裂的方向,造成岩石偏转角增大。

随着设定的水平应力差增大,砂岩的起裂压力逐步减小,起裂瞬间释放的能量减小,此时岩石起裂的裂缝的宽度及岩石内部流体的流速降低。同时水平应力差越大,应力差对岩石的起裂促进作用越强,预制尖端对起裂的导向作用越低,岩石的起裂偏转角越大,当水平应力差增大到一定程度时,此时的预制裂缝对岩石起裂的指导作用消失,岩石沿着钻孔壁起裂,达到分层开裂的效果。

3 结论

本文通过数值模拟软件对砂岩定向水力压裂进行研究,发现定向水力压裂过程可分为起裂、偏转、扩展三个阶段。abaqus 数值模拟对不同应力差下岩石起裂参数进行研究发现,随着应力差的增大,岩石起裂的裂缝宽度及液体流速均呈现下降的趋势。模拟研究发现,随着水平应力差的增大,水平应力差对岩石起裂的约束作用增大,岩石的起裂偏转角逐步增大,实现岩层的分层开裂。

参考文献:

- [1] 董尚根,贾飞飞,刘成威.定向水力压裂弱化坚硬顶板技术研究[J].煤炭技术,2015(04):7-9.
- [2] 冯亮亮.古书院煤矿坚硬顶板定向水力压裂技术应用研究[J].西部探矿工程,2020,v.32;No.286(02):121-124.